E/CONF.39/D/11
26 Sept.1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : D.3.2

Senegal

PROBLEMES SOULEVES PAR L'ISOLEMENT DES LIGNES ELECTRIQUES A HAUTE TENSION, EN BORDURE DE MER, DANS LES CONDITIONS CLIMATIQUES DU SENEGAL OCCIDENTAL

Par A. BERNOS,
Ingénieur Civil des Mines,
Directeur de la Compagnie Sénégalaise
des Phosphates de Taïba

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

Problèmes soulevés par l'isolement des lignes électriques à haute tension, en bordure de mer, dans les conditions climatiques du Sénégal Occidental.

par A. BERNOS, Ingenieur Civil des Mines, Directeur de la Compagnie Sénégalaise des Phosphates de Taïba.

1 - CARACTERISTIQUES de la LIGNE -

1-1 L'alimentation en courant électrique des exploitations de la Cie Sénégalaise des Phosphates de Taïba est assurée par une ligne 90 KV à un terne d'une longueur de 100 Km en antenne.-

La puissance absorbée, intégrée sur 10 minutes est de l'ordre de 7.000 KW. La section des cables de transport est de 288 mm2.-

Le schéma ci-après, précise le tracé de la ligne entre DAKAR et TAIBA.-

La ligne part du poste situé auprès de la centrale d'E.E.O.A. dans l'agglomération de DAKAR-et quitte la ville en suivant l'autoroute et la route DAKAR-RUFISQUE.-

Entre DAKAR et BARGNY la ligne longe la côte Sud de la presqu'île du Cap Vert. Ce tracé a été retenu pour protéger la ligne de l'influence des vents dominants de direction N-NW qui se chargent d'embruns au passage de la barre sur la côte Nord. Dans toute cette zone la ligne est donc soumise à l'influence de la mer quelle que soit la direction du vent. Expérimentalement, on a reconnu que l'influence de la mer, par suite de ces vents dominants, au point de vue pollution et corrosion, se faisait sentir jusqu'à près de 7 km. de la côte Nord. L'influence de la côte Sud est beaucoup moins importante tout au moins au voisinage de DAKAR et de la presqu'île du Cap Vert.-

Entre RUFISQUE et BARGNY, la ligne passe à proximité d'une cimenterie. Au delà de BARGNY, la ligne s'éloigne de la côte et l'influence marine diminue progressivement.-

1-2 C'est en fonction de ces conditions difficiles que des isolateurs spéciaux ont été retenus pour l'équipement des chaînes sur le tronçon de ligne en bordure de la mer.-

Les chaînes d'isolateurs se présentent comme suit :

1-2-1 du poste de DAKAR (pylône n° 1) jusqu'au pylône n° 138,(soit 40 km environ) près de SEBIKOTANE, situé à 5 km. de la côte Sud et à 8 km.de la côte Nord.-

Les chaînes comportent 8 éléments, type capot et tige pour bord de mer, en porcelaine Durelcer (dénomination CTB: 2471.).

Les caractéristiques des isolateurs sont les suivantes:

- diamètre ..... 247 mm.
- pas ..... 170 mm.

- tension de contournement à sec ..... 80 KV.
- tension de contournement sous pluie ... 44 KV.

Les caractéristiques de la chaîne sont les suivantes :

- nombre d'éléments 6
- longueur totale de la chaîne d'alignement, pince incluse ..... 1,24 m.
- tension de contournement à sec ..... 421 KV.
- tension de contournement sous pluie ... 200 KV.

1-2-2 Du pylône 139 jusqu'au poste de TAIBA, les chaînes sont constituées de 8 éléments du type capot et tige, en verre trempé. (CTV 254 de SEDIVER).-

Les caractéristiques des isolateurs sont les suivantes:

- diamètre ..... 254 mm.
- pas ..... 130 mm.
- tension de contournement à sec ..... 65 KV.
- tension de contournement sous pluie ... 45 KV.

Les caractéristiques de la chaîne sont les suivantes :

- nombre d'éléments 8
- longueur totale de la chaîne ..... 1,26 m.
- tension de contournement à sec ..... 407 KV.
- tension de contournement sous pluie ... 310 KV.

2 - INCIDENTS d'EXPLOITATION -

2-1 Les travaux d'équipement du tronçon DAKAR-THIES ont été terminés le 6 Août 1959.

La ligne DAKAR-TAIBA a été mise sous tension nominale le 20 Décembre 1959.-

2-2 Incidents

2-2-1 Le premier incident est survenu le 27 Janvier 1960 à 4h.35. Après disjonction de la ligne, et 3 essais sans résultat de remise sous tension, la ligne a été consignée jusqu'à 7h10. La ligne a été remise sous tension à ce moment sans intervention du personnel de la ligne.

2-2-2 La période d'exploitation s'étendant de Décembre 1959 à Juillet 1962 a donné lieu à de multiples déclenchements pendant la saison sèche, c'est-à-dire de Janvier à fin Juin.-

La durée de ces déclenchements a été extrêmement variable. La remise automatique sous tension était en général impossible

et les interruptions de courant subies par l'exploitation ont varié de quelques minutes à plusieurs heures.-

2-2-3 Tous les déclenchements sont survenus pendant la nuit entre 22 h et 8 heures et plus particulièrement entre 1 heure et 7 heures.-

2-2-4 A quelques exceptions près, ces incidents n'ont pas eu d'origine explicable par des coups de foudre, des surtensions internes ou des causes mécaniques, sauf un provoqué par un nid d'oiseaux. Le service a généralement pu être repris sans intervention des exploitants sur la ligne.-

2-2-5 A signaler que pendant ces mêmes périodes annuelles, les lampes à induction "Balisors" équipant la zone balisée au droit de l'hydrobase de Bel-Air, cessèrent de fonctionner.-

2-2-6 D'autre part, le conducteur de terre s'est rompu en Février 1962 au droit du pylône 33. L'examen des blocs de raccordement a permis de constater une fusion partielle (passage d'une forte intensité due vraisemblablement à un coup de foudre) mais aussi des corrosions importantes des brins d'almélec attribuées à un couple électrolytique Fer-Aluminium provoqué par l'atmosphère humide et saline.

Des visites effectuées de Février à Juillet 1962 ont montré que les corrosions précitées se multipliaient et se développaient rapidement.-

Aucune trace de corrosion, par contre, n'a été relevée sur les câbles de transport aluminium-acier de 288 mm2.-

2-3 Influence des conditions météorologiques -

Dans la région de DAKAR, la saison des pluies s'étend sensiblement du 1er Juillet au 15 Octobre. En dehors de cette période, les pluies sont pratiquement inexistantes.-

Le rapprochement des conditions météorologiques et de la statistique des déclenchements montrent que ceux-ci ont lieu en saison sèche, la nuit, c'est-à-dire aux heures où le point de rosée est susceptible de se former et lorsque le vent est faible.-

3 - OBSERVATIONS et ESSAIS sur PLACE -

Les observations effectuées sur place se sont concentrées sur la partie de ligne en bord de mer, du pylône n° 1 au n° 138, et ont porté sur les points suivants :

3-1 Observations auditives de la ligne sous tension au cours de la journée.

Dans certaines zones, un grésillement était perceptible au droit des pylônes, témoignant la présence d'effluves sur les isolateurs.

3-2 Observations visuelles, au cours de la nuit, de la ligne sous tension, avec enregistrements photographiques.

L'observation a porté sur le degré d'intensité des effluves sur les chaînes à différentes périodes. Pratiquement, sur toute la zone bord de mer, il a pu être constaté des effluves. Au delà du pylône 158, les effluves sont de plus en plus faibles.-

3-3 Visite de la ligne hors tension et examens des chaînes d'isolateurs qui ont permis de déceler :

- la pollution des isolateurs
- les traces d'amorçage

En plus de ces examens, il a été procédé au changement des chaînes d'isolateurs et à l'adjonction d'éléments à certaines chaînes en place.

3-4 Les résultats des observations effectuées sur la section comprise entre le pylône n° 1 et le pylone n° 158 mettent en évidence ce qui suit :

3-4-1 Toute la portion de ligne en bord de mer est sujette aux effluves.

3-4-2 Les effluves ne se manifestent que dans certaines conditions atmosphériques (humidité importante et point de rosée atteint).

3-4-3 Les effluves disparaissent après nettoyage des isolateurs et réapparaissent environ un mois plus tard et parfois moins.-

3-4-4 Lesmodifications des chaînes d'isolateurs n'ont pasmis en évidence d'amélioration sensible.-

De même les chaînes équipées d'isolateurs T 254 verre et celles équipées d'isolateurs CTEM semblent effluvées avec autant d'intensité, toutes choses égales par ailleurs.-

3-4-5 En conclusion, l'observation des effluves n'apporte aucun élément déterminant, car il ne permet ni de délimiter les zones critiques, ni de trouver une solution de remplacement. Il faut noter toutefois que la présence d'effluves sur les isolateurs n'implique pas forcément l'amorçage de la chaîne surtout si les effluves sont uniformément réparties.-

L'observation de la répartition des effluves le long de la chaîne est plus instructive que l'observation qui consiste à noter uniquement l'apparition ou l'absence d'effluves.-

3-5 L'examen des traces d'amorçage sur les chaînes est beaucoup plus probant et permet de délimiter des zones critiques et principalement celles comprises entre les pylônes suivants :

- n° 1 à 10
- n° 28 à 45
- n° 69 à 95

Par contre, il n'est pas constaté d'influence de la position de la chaîne (ancrage ou alignement) concernant le nombre d'amorçages.-

3-6 On peut remarquer que sur toutes les chaînes suriso-lées (9 CTV, 7 et 8 CTB.) il n'a été constaté aucune trace d'amorçage.

Cependant, l'expérience a été de trop faible ampleur pour qu'on en tire une conclusion. En effet, l'expérience ne porte que sur 15 chaînes, sur un total de 642 chaînes équipées de 6 isolateurs CTB..

3-7 Les constatations faites sur des chaînes d'isolateurs CTB. type ancrage, montrent que toute la surface extérieure des isolateurs est recouverte d'une fine couche de poussière peu adhérente. Par contre, la surface intérieure est tapissée d'un dépôt présentant une certaine épaisseur et relativement adhérent. (s'enlève à l'ongle, mais résiste au doigt).

Il n'a pas été fait d'examen analogue sur des chaînes d'isolateurs en verre.-

4 - ESSAIS en LABORATOIRE -

4-1 Trois séries d'essais ont été effectuées en laboratoire en vue de contrôler la tenue et les caractéristiques des isolateurs pollués.-

Deux chaînes de 6 isolateurs CTB. pollués, prélevées sur le pylône d'alignement n° 12, ont été expédiées avec précautions. A la réception en laboratoire, la pollution superficielle externe avait partiellement disparu du fait du transport, alors que la couche de poussière à l'intérieur de la cloche était intacte.-

4-2 Un essai a été effectué, au Laboratoire Central des Industries Electriques, sur deux isolateurs en vue de déterminer la variation de la tension de contournement en fonction de l'état hygrométrique de la couche de poussière.-

Cet essai a montré que la tension de contournement pouvait diminuer de moitié lorsque la condensation était importante.-

4-3 Une série d'essais a été effectuée par le Laboratoire sur une chaîne de 6 isolateurs CTBM.-

4-3-1 Un contrôle a été effectué sur tous les éléments pour s'assurer qu'il n'y avait pas de perforation de la porcelaine.-

4-3-2 Une analyse de la pollution a montré que la poussière prélevée sur les isolateurs contenait une forte proportion d'alcalin et d'alcalino-terreux,
soit 2,6% de CaO, 1,8% de K2O et 3,3% de Na2O

4-3-3 Un essai comparatif à sec et sous condensation, d'une chaîne polluée et d'une chaîne propre, ont montré un abaissement important de l'isolement de la chaîne polluée par rapport à celui de la chaîne propre. Cet abaissement d'isolement est beaucoup plus important dans l'essai avec condensation que dans l'essai à sec. Cependant, les tensions de contournement mesurées en Laboratoire restent nettement supérieures à la tension de service.-

Cette constatation peut s'expliquer par le fait que les conditions d'essais en Laboratoire sont plus favorables que les conditions locales et qu'une partie de la pollution superficielle a été enlevée.-

4-4 La Compagnie Sénégalaise des Phosphates de Taïba, a placé sur la plage de N'BORO, à 100 m. environ du rivage, sur un poteau de 6 à 7 mètres, deux isolateurs :

- un CTBM 247 L en porcelaine
- un CTV 252 en verre

A la suite d'une exposition d'un mois, ces isolateurs ont été fortement souillés et la galvanisation des capots a été attaquée, des traces métalliques ont été trouvées sur la porcelaine et le verre.-

5 - ENSEIGNEMENTS des ESSAIS -

Les observations et essais précédents montrent que :

5-1 les incidents de la ligne ont pour cause certaine la diminution importante d'isolement provoquée par de la condensation sur les chaînes d'isolateurs pollués.-

5-2 Il ne se dégage aucune solution qui permette de supprimer à coup sûr les déclenchements de la ligne.-

6 - SOLUTIONS au PROBLEME de POLLUTION -

6-1 Les expériences effectuées dans les réseaux étrangers montrent que le problème de la pollution n'a pas encore reçu de solution universelle et que chaque cas particulier est un cas d'espèce.-

6-2 Le réseau 60 KV. et 150 KV. en bord de mer de l'Energie Electrique du Maroc est celui dont les conditions d'exploitation se rapprochent le plus de celles de la zone DAKAR-TAIBA.-

Les résultats des experiences effectuées sur ce réseau, appliquées au cas de la ligne DAKAR-TAIBA, conduiraient à ajouter deux éléments aux chaînes équipées de 6 CTX. 247.-

Il faut remarquer, par ailleurs, qu'E.E.M. utilise des isolateurs à pas long (205 mm.) CTBX 247 L, alors que la ligne de DAKAR est équipée d'isolateurs CTX. 247 K à pas court (170 mm.). Il est possible, mais non certain, que l'augmentation de la longueur du pas de la chaîne ait une influence favorable. Seuls des essais permettraient de la vérifier. E.E.M. n'a pas essayé l'isolateur à pas court et il n'y a pas eu d'essais comparatifs.-

D'autre part, au MAROC, les ancrages ont toujours été équipés de chaînes d'isolateurs CT 254 fortement surdimensionnées (correspondant à 10 éléments pour 90 KV.).-

L'adjonction des deux isolateurs CTBX à toutes les chaînes des pylônes n° 1 à 138 reviendrait à près de 7 millions CFA. Le remplacement des chaînes d'ancrage équipées en CTBX par des chaînes équipées de 10 éléments CTV 254 et l'adjonction de deux ou trois éléments CTBX sur les chaînes d'alignement reviendrait également à près de 7 millions CFA.-

6-3 Dans certains réseaux, on procède au lavage périodique des isolateurs.-

En France, ce nettoyage a lieu hors tension, aux USA, en Suède et semble-t'il en URSS, le lavage a lieu sur la ligne en service.-

A DAKAR on a procédé à partir de Mars 1961 à un lavage manuel hors tension. La fréquence de un nettoyage tous les deux mois s'est avérée insuffisante et il a fallu passer au nettoyage mensuel.-

Un nettoyage complet des isolateurs hors tension revient à près de 500.000 fr;CFA pour la portion de ligne comprise entre les pylônes n° 1 et 158 et provoque une interruption de fourniture de 12 h.

6-4 Il serait peut-être possible de remédier aux déclenchements par suite de la pollution des isolateurs en recouvrant les isolateurs d'une couche de graisse au silicone. Cette application nécessite un nettoyage préalable et doit se répéter au moins tous les deux ans, et dans certaines conditions tous les ans.-

Le coût d'une application serait voisin de 7 millions de f. CFA.-

L'essai n'a pas eu lieu.-

6-5 Il est possible d'envisager le remplacement des isolateurs CTBT par des isolateurs d'un autre type.- Actuellement, aucun type d'isolateurs n'a été reconnu comme susceptible de convenir dans tous les cas de pollution. Il serait nécessaire d'effectuer des essais prolongés sur place pour déterminer le type d'isolateur adequat.-

Dans l'état actuel de nos connaissances, il semble que les chaînes constituées d'éléments CTV 254 se comportent mieux en bordure de mer que celles constituées d'éléments CTBT 247 M, mais aucune confirmation décisive n'a pu encore être fournie.-

7 - CONCLUSIONS -

7-1 En s'appuyant sur les expériences menées dans différents pays, il est possible de conclure :

- qu'il n'y a pas de panacée au problème de la pollution des isolateurs.-
- que certaines conditions appliquées dans certains cas ne peuvent, sans expérience préalable, être

étendues à d'autres cas.-

- que les essais en laboratoire ne permettent pas, pour le moment, de définir, à priori, avec certitude les caractéristiques optimales des chaînes d'isolateurs.-

- que des résultats satisfaisants ont été obtenus dans certains réseaux après essais de diverses solutions dans les conditions réelles d'exploitation.-

En conséquence, il a paru préférable, avant de prendre une décision, d'effectuer divers essais sur la ligne dans les conditions d'exploitation normales.-

7-2 Deux types d'essais ont été effectués :

7-2-1 - Essais de surisolement des deux types de chaînes équipant actuellement la ligne, dans les limites acceptables pour maintenir une distance d'isolement suffisante en cas d'inclinaison de la chaîne. (50 cm. minimum à la masse pour une inclinaison de 50°). Ils ont été essayés en alignement et en ancrage des chaînes comportant 8 et 9 CTB. et des chaînes avec 10 éléments standard en verre. Ces essais n'ont pas été concluants.-

7-2-2 - Lavage manuel périodique des isolateurs.- Cette mesure permet effectivement de remédier aux déclenchements, mais son application est onéreuse et provoque des interruptions de service très gênantes pour l'exploitation.-

7-3 - Deux autres types d'essais sont envisagés :

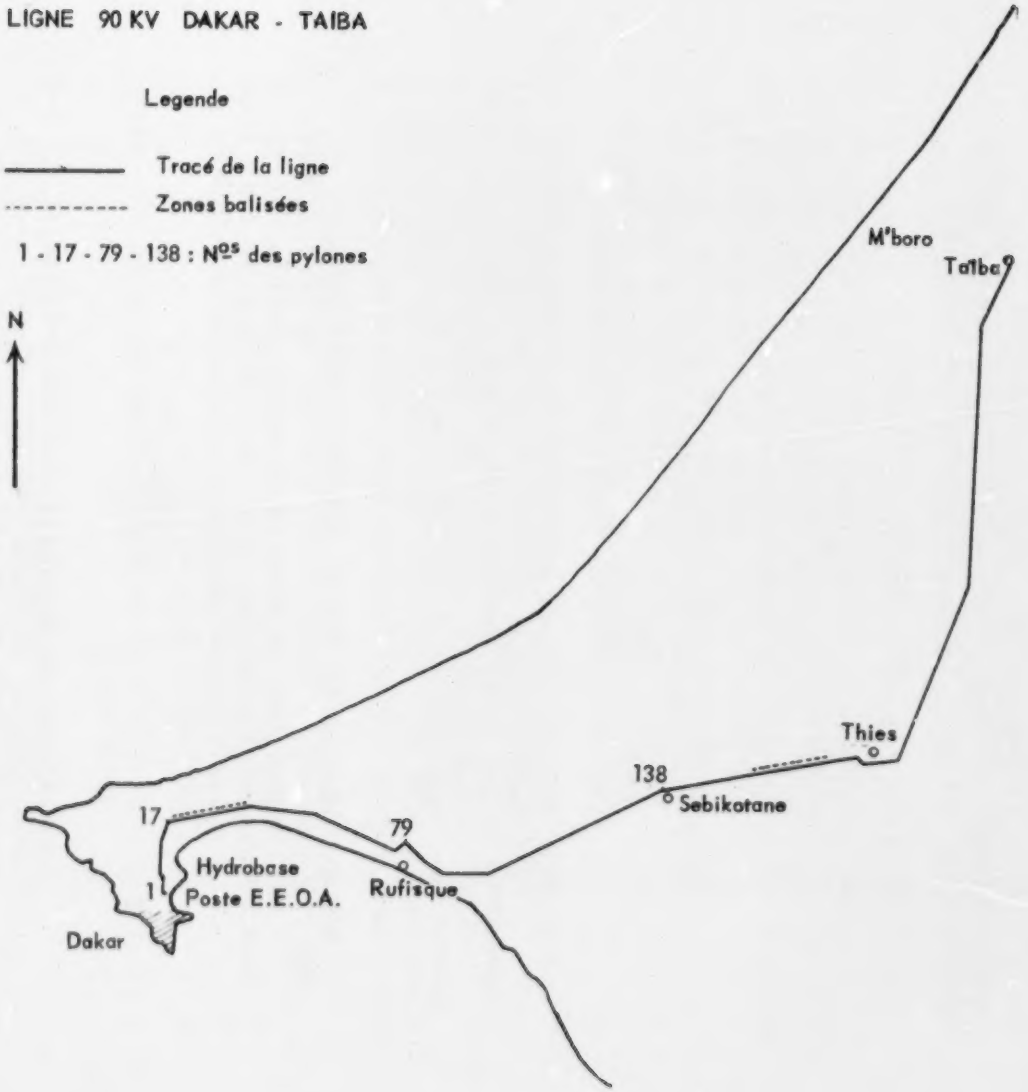
7-3-1 - Essais de types nouveaux d'isolateurs.-

Quelques types d'isolateurs ont été mis au point récemment par les fabricants, mais n'ont pas reçu la sanction d'ouvrages exposés au phénomène de pollution.-

7-3-2 - Lavage sous tension.- Deux méthodes ont été étudiées :

Lavage par arrosage : cette méthode pose le problème de l'alimentation en eau de qualité constante et de son transport en terrains accidentés et semble, à priori, peu pratique.-

Lavage à sec : par insufflation de poudres spéciales avec une lance à air comprimé. L'appareillage nécessaire va être approvisionné et sera mis à l'essai pendant la campagne 1963.-



167 F - Sept.1962 - 1,000